

文章编号:1672-9854(2010)-04-0030-05

# 南海北部深水西区中中新世混合沉积模式及控制因素

杨涛涛,吕福亮,王彬,胡冰,贺晓芬,鲁银涛

(中国石油杭州地质研究院)



杨涛涛

**摘要** 以新采集的地震资料为基础,对南海北部深水西区的混合沉积作了初步研究。混合沉积在地震剖面上表现为平行—亚平行,振幅强—中,频率中等及连续性中等的反射特征。混合沉积分布在研究区地震资料覆盖范围的西北角,发育规模较大,最大长度达 44.7 km,最大宽度 33.2 km,面积 1 084 km<sup>2</sup>,最大厚度为 138 m,纵向上分布在中中新统梅山组。综合南海北部构造演化、地震勘探等研究成果,建立了混合沉积模式。该混合沉积分布于半深海沉积区,由其南东东方向的西沙—广乐台地提供碳酸盐岩碎屑(同时也提供部分硅质碎屑),由其西侧的中南半岛提供主要的硅质碎屑。在南海北部深水西区,控制混合沉积分布的主要因素为构造作用(包括海平面变化)、物源供给及水动力条件等三个方面,这三者之间又具有密切的内在联系。

**关键词** 混合沉积; 沉积分布; 沉积模式; 控制因素; 新近纪; 南海盆地

**中图分类号**: TE111.3 **文献标识码**: A

**杨涛涛** 1981年生,工程师。2004年和2007于长安大学分别获学士和硕士学位。目前主要从事油气勘探与综合评价工作。通讯地址:310023 杭州市西溪路920号;电话:(0571)85229302

陆源碎屑沉积和碳酸盐岩沉积作为两大类沉积体系,地质学家已从岩类学、岩相学及沉积环境等方面做了详细深入研究,而对这两类岩石的混合沉积体系研究则很薄弱,远落后于对它们的单一沉积体系的认识。事实上,由碳酸盐岩和陆源碎屑组成的混合沉积无论是在现代或是古代的沉积中都颇为常见<sup>[1]</sup>。对混合沉积体系的研究,不仅对解决沉积环境的沉积动力学、海(湖)平面变化以及沉积速率、构造运动、古气候及物源等问题有着特殊的意义,而且在该类沉积中往往具有良好的油气生、储、盖组合,对寻找新的油气勘探区也具有重要意义<sup>[2-3]</sup>。在南海海域,现代碳酸盐岩和硅质碎屑的混合沉积分布广泛,在宽广陆架陆坡上都有发育<sup>[4]</sup>,而对南海北部深水西区尚无混合沉积的报道。近年来在该深水西区展开地震勘探,初步揭示其发育有混合沉积,本文详细探讨了这一混合沉积的发育特征及其控制因素。

## 1 混合沉积研究概况

混合沉积是指碳酸盐岩与陆源碎屑的混合所发生的沉积,相应的地层称为混积地层。混合沉积于20世纪80年代就引起了国内外学者的注意,至今已对其涵义、分类、成因、沉积模式以及与油气的关系等作了大量细致的研究(表1)<sup>[1-2,4-16]</sup>。

## 2 南海北部深水西区地质背景

南海北部深水西区位于海南岛以南海域,包括琼东南盆地南部、莺歌海盆地东部、中建南盆地北部、西沙隆起西侧和广乐隆起北部,水深3 000~2 000 m(图1)。该区是南海北部大陆边缘的一部分,属于陆、洋过渡壳,是伴随南海的形成而形成的,具有“下断上拗”双层结构特征<sup>[17]</sup>,它经历了两个构造演化阶段,古近纪断陷阶段和新近纪以来的拗陷阶段,形成上下两个构造层。下构造层代表断陷作用形成的半地堑或地

收稿日期:2009-11-16

本文受国家重大专项“西沙海域油气地质综合研究及有利勘探区”(批准号:2008ZX05025-004)资助

表 1 国内外混合沉积研究历程表

时间	研究人员	主要成果
1984 1985	J.F.Mount <sup>[5-6]</sup>	提出混合沉积物的概念和四种混合沉积类型
1987	王国忠等 <sup>[7]</sup>	国内首次研究混合沉积
1990	杨朝青等 <sup>[8]</sup>	首次提出“混积岩”一词
1995	江茂生等 <sup>[1]</sup>	指出混合沉积的普遍性,总结研究方法和研究成果
1997	S.A.Flavio <sup>[9]</sup>	分析混积地层的速度特性和地震反射特征
2000	张雄华 <sup>[10]</sup>	详细研究了混积岩的分类和成因
2001	沙庆安 <sup>[11]</sup>	讨论混合沉积的分类和成因
2001	王国忠 <sup>[4]</sup>	南海现代混合沉积分布广泛,在陆架陆坡上都有发育
2003	郭福生等 <sup>[12]</sup>	讨论混积岩的基础上,提出混积层系
2003	J.C.Kevin <sup>[13]</sup>	研究混积地层的地震反射特征
2004	罗顺社等 <sup>[2]</sup>	分析渤南凹陷沉积类型,并分析控制因素
2005	A.R.Orpin <sup>[14]</sup>	总结陆架混积地层的地震反射特征
2006	郭士明等 <sup>[15]</sup>	研究大港滩海区混积岩的成岩作用
2007	董桂玉等 <sup>[16]</sup>	研究惠民凹陷混合沉积的岩石学特征、类型

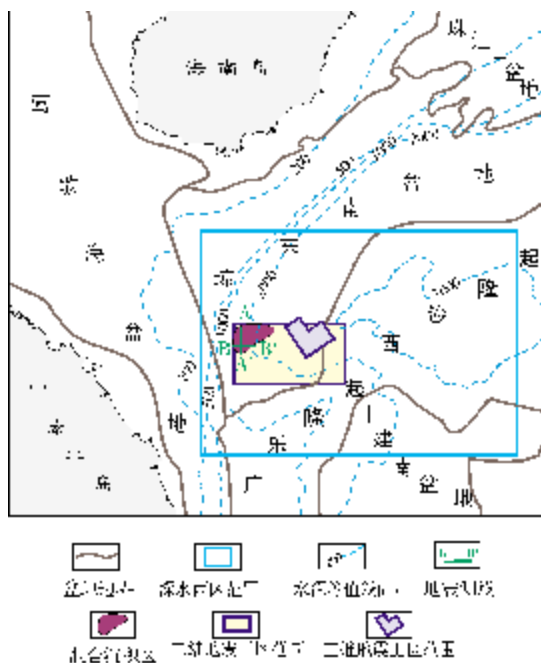


图 1 南海北部深水西区及其相邻区域构造简图

填充的产物,主要受控于多凸多凹的构造格局,充填有始新统头组、渐新统崖城组和陵水组<sup>[18]</sup>岩层,

属湖相和海陆过渡相含煤沉积及半封闭浅海相沉积。上构造层为坳陷期沉积,基本为整体南倾单斜型的坳陷沉积,充填中新统三亚组、梅山组及黄流组,上新统莺歌海组和第四系乐东组<sup>[18]</sup>,为一套厚的海相地层(图 2)。

本文以研究区新采集的二维、三维地震资料为依据,探讨混合沉积的分布及其来源,该区尚无钻井资料,勘探程度还较低。西沙周缘共有二维地震资料 20 056 km,测网不规整,三维地震资料 1 168 km<sup>2</sup>,其分布范围见图 1。

### 3 混积地层的识别及分布

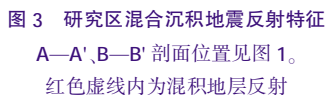
根据已发表的研究成果,以地震资料为基础,参考南海北部深水西区沉积演化特征,笔者在研究区识别出了混积地层(图 3)。混积地层在地震剖面上表现为平行—亚平行,振幅强—中,频率中等及连续性中等反射特征。其下伏或上覆地层均为平行—亚平行,弱振幅反射,能明显与混积地层相区别。这种碳酸盐岩和陆源碎屑的混合沉积是一个渐变混合过程,混合沉积与非混合沉积之间不存在截然的分界线<sup>[4]</sup>,在地震剖面上也反映出了这一特点。

本次研究以二维地震资料为主,测网密度 4 km×4 km,局部 4 km×8 km,绘制出混积地层平面分布(图 1),它分布在研究区地震资料覆盖范围的西北角。该混合沉积发育规模较大,最大长度达 44.7 km,最大宽度达 33.2 km,发育面积 1 084 km<sup>2</sup>,最大厚度为 138 m;纵向上分布在中中新统梅山组。

### 4 混合沉积的沉积模式及控制因素

#### 4.1 沉积模式

在上述研究的基础上,建立了南海北部深水西区梅山组混合沉积模式(图 4)。该区从早中新世起进入拗陷期沉降阶段,中中新世总体上东部和南部为西沙隆起和广乐隆起,此时隆起被淹没,碳酸盐岩发育,不仅能提供碳酸盐岩物源,尚未被淹没的隆起高部位同时还能提供碎屑物质。深水西区的西侧紧邻中南半岛,该半岛为持续性隆起,一直提供陆缘硅质碎屑。在深水西区的西部,属于半深海沉积相区,地势相对较低,为沉积物卸荷的有利部位,东西两侧物源提供的物质,在此堆积形成混合沉积。

图 2 南海北部深水西区新生代沉积特征 (据文献[18]修改)

混合沉积的影响因素较多,但在研究区的主要控制因素为构造作用(包括海平面变化)、物源供给



构造运动(包括海平面变化)控制着物源区和沉积区的分布和状态,对物源的供给量和供给方向有很大的影响。构造活动缓和时期,水域分布广泛,可使生物大量生长和繁殖,从而滨浅海(湖)的生物碳酸盐岩发育。研究区在早中新世开始海侵,整体

处于热沉降阶段,东部和南部分别为西沙隆起和广乐隆起<sup>[19]</sup>(图1,图4),水下地形平缓,水体浅,为大量原地生物繁盛提供了合适的生态环境,表现出较大的碳酸盐发育潜力,可提供碳酸盐岩和陆源两种物源。研究区以西的中南半岛为继承性古隆起,提供碎屑物质。研究区西部为浅海—半深海环境,是有利的物源卸荷区,所述的两种物源在此混合形成混积地层。

#### 4.2.2 物源供给

混合沉积发育区具有多个不同性质的物源区,它们提供两类物源,一是陆源物质注入的硅质碎屑岩,二是碳酸盐岩物源。研究区东部为西沙隆起,它在中新世为一台地,生物礁大量发育<sup>[20]</sup>,提供碳酸盐岩碎屑物源,同时隆起高部位尚未被淹没,还能提供少部分硅质碎屑。三维地震资料属性图(图5)表明,中中新世研究区东部有众多的小型水道,将西沙隆起的物质向西运送。姚根顺等<sup>[21]</sup>的研究表明,研究区南部广乐隆起在中新世已被淹没,发育碳酸盐岩,能提供碳酸盐岩物源。根据区域资料,研究区西侧中南半岛一直呈持续性隆起,长期有碎屑带入<sup>[21]</sup>,提供硅质碎屑物源,其中可能还夹杂碳酸盐岩碎屑。

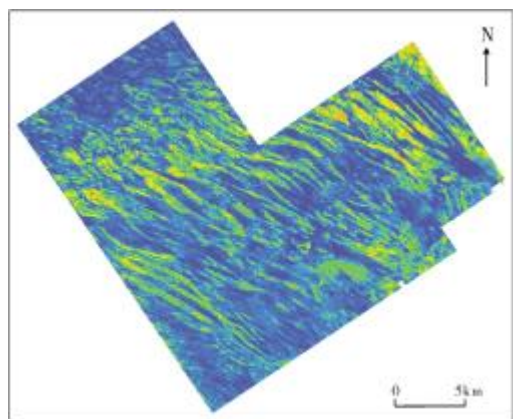


图5 南海深水西区三维工区梅山组均方根振幅属性图

图中红—黄—绿浅色条带为水道。

图幅位置见图1

#### 4.2.3 水动力条件

活跃的水动力条件包括海流、潮流,特别是风暴潮流的作用能破坏并搬运各种沉积物,并使它们充分地混合,在一定的部位堆积下来形成混合

沉积。中中新世研究区东部为构造高部位,海流、潮流比较发育,利于礁源碎屑和陆缘碎屑的混合并在较低部位堆积,形成混合沉积。

## 5 结 论

(1)中中新世南海深水西区混合沉积主要分布在地震资料覆盖区的西侧,影响其分布的因素主要有构造作用(海平面变化)、物源供给及水动力条件等。

(2)研究区混合沉积的物源为:西沙—广乐台地能提供碳酸盐岩物源,陆缘碎屑则主要来自中南半岛。

#### 参考文献

- [1] 江茂生,沙庆安. 碳酸盐与陆源碎屑混合沉积体系研究进展[J]. 地球科学进展,1995,10(6):551-553.
- [2] 罗顺社,刘魁元,何幼斌. 渤南洼陷沙四段陆源碎屑与碳酸盐混合沉积特征与模式[J]. 江汉石油学院学报,2004,26(4):19-21.
- [3] 张宁生,任晓娟,魏金星,等. 柴达木盆地南翼山混积岩储层岩石类型及其与油气分布的关系[J]. 石油学报,2006,27(1):42-46.
- [4] 王国忠. 南海北部大陆架现代礁源碳酸盐与陆源碎屑的混合沉积作用[J]. 古地理学报,2001,3(2): 47-54.
- [5] Mount J F. Mixing of siliciclastic and carbonate sediments in shallow shelf environments[J]. Geology,1984,12:432-435.
- [6] Mount J F. Mixed siliciclastic and carbonate sediments:a proposed first-order textural and compositional classification[J]. Sedimentology,1985,32:435-442.
- [7] 王国忠,吕炳全,全松青. 现代碳酸盐和陆源碎屑的混合沉积作用——涠洲岛珊瑚岸礁实例[J]. 石油天然气地质,1987,8(1):15-28.
- [8] 杨朝青,沙庆安. 云南曲靖中泥盆统曲靖组的沉积环境:一种陆源碎屑与海相碳酸盐的混合沉积[J]. 沉积学报,1990,8(2):59-66.
- [9] Flavio S A. Acoustic properties of Neogene carbonates and siliciclastics from the subsurface of the Florida Keys:Implications for seismic reflectivity[J]. Marine Geology,1997, 144:9-31.
- [10] 张雄华. 混积岩的分类和成因[J]. 地质科技情报,2000,19(4):31-35.
- [11] 沙庆安. 混合沉积和混积岩的讨论[J]. 古地理学报,2001,3(3):63-67.
- [12] 郭福生,严兆彬,杜杨松. 混合沉积混积岩和混积层系的讨论[J]. 地学前缘,2003,10(3):68
- [13] Kevin J C,Stanley D L,Albert C, et al. Interplay of late Cenozoic siliciclastic supply and carbonate response on the southeast



- Florida platform[J]. *Journal of Sedimentary Research*, 2003, 73 (1):31-46.
- [14] Orpin A R, Brunskill G J, Zagorskis I, et al. Patterns of mixed siliciclastic-carbonate sedimentation adjacent to a large dry-tropics river on the central Great Barrier Reef Shelf, Australia [J]. *Australian Journal of Earth Sciences*, 2004, 51:665-683.
- [15] 郭士明, 刘立. 大港滩海区沙一段下部混积岩成岩作用研究[J]. *断块油气田*, 2006, 13(5):20-23.
- [16] 董桂玉, 何幼斌, 陈洪德. 惠民凹陷沙一中湖相碳酸盐与陆源碎屑混合沉积—以山东商河地区为例[J]. *沉积学报*, 2007, 25(3):343-348.
- [17] 陶维祥, 赵志刚, 何仕斌, 等. 南海北部深水西区石油地质特征及勘探前景[J]. *地球学报*, 2005, 26 (4):359-364.
- [18] 魏魁生, 崔早云, 叶淑芬. 琼东南盆地高精度层序地层学研究[J]. *地球科学:中国地质大学学报*, 2001, 26(1):59-66.
- [19] 马玉波, 吴时国, 许建隆, 等. 琼东南盆地南部深水凹陷生物礁及碳酸盐岩台地发育模式 [J]. *天然气地球科学*, 2009, 20(1):119-124.
- [20] 姚根顺, 袁圣强, 吴时国, 等. 琼东南盆地深水区双物源沉积模式及勘探前景[J]. *石油勘探与开发*, 2008, 35(6):685-691.
- [21] Fyhn M B W, Nielsen L H, Boldreel L O, et al. Geological evolution, regional perspectives and hydrocarbon potential of the northwest Phu Khanh Basin, offshore Central Vietnam [J]. *Marine and Petroleum Geology*, 2009, 26:1-24.

编辑:吴厚松

## Modeling and Controlling Factors of Miocene Mixed Sediments in Western Deepwater Area, Northern South China Sea

Yang Taotao, Lü Fuliang, Wang Bin, Hu Bing,  
He Xiaosu, Lu Yintao

**Abstract:** Mixed sediments mean the mixed sedimentary carbonate clast and siliceous clast, which are common in modern and ancient sediments. Based on the new seismic data, elementary study is finished to mixed sediments in west deepwater area, Northern South China Sea. The mixed sediments have some reflection features such as parallel-subparallel, medium-strong amplitudes, medium frequency and medium continuity on seismic profiles. The according area of mixed sediments that lies in the northwest of seismic area develop in a relatively wide range with an area of 1,084km<sup>2</sup> and up to 138m of vertical thickness in middle Miocene Meishan Formation. A model of mixed sediments is set up based on the tectonic evaluation and seismic exploration in northern South China Sea. These mixed sediments that lie in the semi-deepwater area derive from carbonate clast and parts of siliceous clast, which are provided by Xisha-Guangle Terrace on the east-southeast, and siliceous clast, which are supplied by Indochina peninsula on the west. The main factors controlling the mixed sediments are tectonic action (including changes of sea levels), source supply and hydrodynamic condition, which are closely relative each other.

**Key words:** Mixed sediment; Sedimentary distribution; Sedimentary modeling; Controlling factor; Neocene; South China Sea

Yang Taotao: male, Master, Geologist. PetroChina Hangzhou Institute of Geology, Hangzhou, Zhejiang, 310023 China